

PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G10K 11/172	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/37541 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 27. August 1998 (27.08.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH98/00041 (22) Internationales Anmeldedatum: 4. Februar 1998 (04.02.98) (30) Prioritätsdaten: 389/97 19. Februar 1997 (19.02.97) CH (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): RIETER AUTOMOTIVE (INTERNATIONAL) AG [CH/CH]; Seestrasse 15, CH-8702 Zollikon (CH). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): VAN LIGTEN, Robert [US/CH]; Hochstrasse 65, CH-8044 Zürich (CH). (74) Anwalt: RITSCHER & SEIFERT; Kreuzstrasse 82, CH-8032 Zürich (CH).	(81) Bestimmungsstaaten: BR, CA, CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	

(54) Title: $\lambda/4$ ABSORBER WITH ADJUSTABLE BAND WIDTH

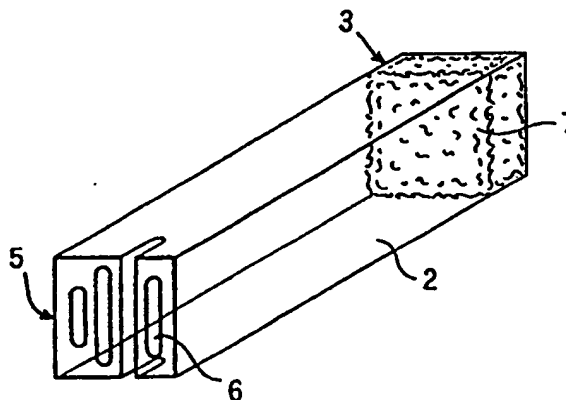
(54) Bezeichnung: $\lambda/4$ -ABSORBER MIT EINSTELLBARER BANDBREITE

(57) Abstract

The invention relates to a $\lambda/4$ absorber with adjustable band width, comprising at least one $\lambda/4$ resonator (2), the outlet area (4) of which has a perforated head (5). An improved version of said $\lambda/4$ absorber has a soft and/or heat-exchanging material (7) at the bottom (3).

(57) Zusammenfassung

$\lambda/4$ -Absorber mit einstellbarer Bandbreite bestehend aus mindestens einem $\lambda/4$ -Resonator (2), dessen Mündungsbereich (4) einen perforierten Kopfteil (5) aufweist. Eine Weiterbildung dieses $\lambda/4$ -Absorbers weist im Bodenbereich (3) ein weiches und/oder wärmetauschendes Material (7) auf.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

$\lambda/4$ -Absorber mit einstellbarer Bandbreite

Die vorliegende Erfindung betrifft einen $\lambda/4$ -Absorber zur Absorption von Schall, wie er von Maschinen, insbesondere von Fahrzeugen, erzeugt wird, mit einer Vielzahl röhrenförmiger $\lambda/4$ -Resonatoren, deren Mündung an eine schallreflektierende Fläche angrenzt.

Das Bestreben der modernen Fahrzeug- und Maschinenindustrie ist es, die von den Maschinen resp. Fahrzeugen erzeugten Geräusche zu verringern oder ganz zu eliminieren. Zur Schallabsorption werden heute im wesentlichen Matten aus Faserdämmstoffen oder offenporige Schäume verwendet, die um die Lärmquellen gelegt werden resp. in deren unmittelbarer Umgebung montiert werden. Deren Verwendung ist jedoch in stark verschmutzenden Umgebungen eingeschränkt, da sich diese offenporigen Materialien rasch mit Öl, Wasser oder Staub anreichern und dadurch ihre schallabsorbierende Wirksamkeit verlieren.

Es ist auch bekannt, Schallabsorber aus einer Vielzahl unterschiedlich dimensionierter Helmholtz-Resonatoren aufzubauen. Solche Helmholtz-Absorber haben sich in der Praxis aus verschiedenen Gründen nicht durchgesetzt. Insbesondere sind solche Helmholtz-Absorber nur schwierig zu dimensionieren und/oder zu fabrizieren und ungeeignet, um in stark verschmutzenden Umgebungen verwendet werden zu können.

Es sind deshalb auch schon Schallabsorber vorgeschlagen worden, die aus einer Vielzahl röhrenförmiger Resonatoren bestehen. Diese röhrenförmigen Resonatoren können derart montiert werden, dass sich allfällige Verschmutzungen oder Nässe darin nicht verfassen können. Darüberhinaus unterscheiden sich diese röhrenförmigen Resonatoren in ihrer

akustischen Funktionsweise von Helmholtz-Resonatoren und sind dem Fachmann unter dem Namen $\lambda/4$ -Resonatoren bekannt. Dieser Unterschied liegt im wesentlichen in der gleichzeitig in Erscheinung tretenden Masse und Kompressibilität der Luft im Resonator und kann insbesondere daran erkannt werden, dass bei den $\lambda/4$ -Resonatoren die Resonanzfrequenz direkt durch die stehende Welle bestimmt wird, deren Wellenlänge ein Viertel der Länge des röhrenförmigen Resonators ist, während die akustische Funktionsweise und Resonanz von Helmholtz-Resonatoren durch ein Feder-Masse-System beschrieben und bestimmt werden muss. Bei praktischen Ausführungen der Helmholtz-Resonatoren lassen sich verschiedene Annahmen, welche zur Vorausberechnung der Resonanzfrequenz getroffen werden, nicht realisieren. So können bspw. die Wände der Helmholtzresonatoren nicht so steif gebaut werden, dass sich diese unter den Druckschwankungen bei Resonanz nicht deformieren, oder kann die Masse der Luft im Halsbereich der Helmholtzresonatoren nicht exakt bestimmt werden. Die Vorteile der $\lambda/4$ -Resonatoren gegenüber den Helmholtz-Resonatoren sind also im wesentlichen in der genaueren Vorausbestimmbarkeit der Absorptionswirkung, deren geringeren Verschmutzungsgefahr und deren einfacheren Dimensionierung und Fabrikation zu sehen.

Ein solcher $\lambda/4$ -Absorber ist bspw. in der WO 96/23294 beschrieben und umfasst eine Vielzahl röhrenförmiger Resonatoren, deren Schallöffnungen an eine Fläche angrenzen, derart, dass die Wechselwirkungszonen (in denen die auftreffende Schallwelle und die in den einzelnen Resonatoren ausgebildeten stehenden Wellen destruktiv interferierenden) der einzelnen Resonatorenöffnungen möglichst flächendeckend verteilt sind und gleichzeitig nicht wesentlich überlappen. Solche $\lambda/4$ -Resonatoren absorbieren grundsätzlich in einem engen Frequenzbereich, um deren Resonanzfrequenz f_0 . Die Breite dieses Frequenzbereichs ist abhängig vom Qualitätsfaktor Q der Resonatoren, resp. von der Grösse

der Energieverluste, welche bei der Resonanz auftreten.
 $\lambda/4$ -Absorber können, wie in dieser WO 96/23294 beschrieben,
in einem beliebig dichten, schallharten Material eingebettet
sein, wie bspw. Metall, Kunststoff, Keramik oder Glas.
5 Bei der praktischen Anwendung dieser Absorber, insbesondere
wenn ein breiteres Frequenzband durch eine Vielzahl von
Resonatoren unterschiedlicher Länge erreicht werden soll,
ist es wichtig, die Energieverluste in einfacher Weise
beeinflussen zu können. Bei gewissen Ausführungsformen,
10 z.B. bei tiefgezogenen Halbröhrchen, welche mit einer
Platte komplettiert werden, sind die Energieverluste sehr
klein, d.h. der Q-Faktor und die Abschlussimpedanz sehr
hoch. Dies führt zu unerwünscht schmalen Resonanz-Absorp-
tionskurven.
15
Es ist also Ziel der vorliegenden Erfindung, akustisch
hochwirksame $\lambda/4$ -Absorber mit einstellbare Bandbreite in
einfacher Weise herstellen zu können.
20 Erfindungsgemäss wird dies durch einen $\lambda/4$ -Absorber mit den
Merkmalen des Anspruchs 1 erreicht und insbesondere durch
Mittel zur Änderung der Schallenergieverluste, resp. der
Schallimpedanz $Z_{\text{Münd}}$ im Mündungsbereich und/oder der Schal-
lenergieverluste, resp. der Schallimpedanz Z_T im Bodenbe-
25 reich der $\lambda/4$ -Resonatoren. Insbesondere wird vorgesehen,
die Schallimpedanz $Z_{\text{Münd}}$ im Mündungsbereich der $\lambda/4$ -Resona-
toren durch einen perforierten Kopfteil zu erhöhen, resp.
zusätzliche Energieverluste im Bodenbereich durch das
Einsetzen von weichem und/oder wärmetauschendem Material zu
30 erzeugen, um so Z_T zu reduzieren. Dies kann also dadurch
erreicht werden, dass im Bodenbereich der Resonatoren, wo
die Druckschwankungen sehr gross sind, eine Wärmesenke mit
grosser Kontaktfläche zur Luft vorgesehen wird. Eine solche
Wärmesenke wird durch jedes Material gebildet, welches aus
35 den von Druckschwankungen erzeugten Temperaturfluktuationen
der Luft Wärme aufnehmen und ableiten kann. Der Fachmann

auf dem Gebiet des Lärmschutzes kennt solche Materialien zur Genüge. Eine andere praktische Möglichkeit wird in der Verwendung eines Pfropfens aus geschlossenporigem viskoelastischen Schaum gesehen.

5 Eine andere Möglichkeit besteht darin, im Mündungsbereich Energieverluste herbeizuführen, indem man einen - niedrigen - Luftströmungswiderstand einbaut, z.B. ein "Gitter". Bei der Ausführungsform aus einer tiefgezogenen Folie mit Abdeckplatte kann ein solches "Gitter" erzeugt werden,
10 indem man das zu öffnende Ende nicht entfernt, sondern nur perforiert.

Es erweist sich als überraschend, dass durch die Behinderung der Luftströmung im Mündungsbereich der $\lambda/4$ -Absorber
15 nicht grundsätzlich deren Absorptionsvermögen beeinträchtigt wird, sondern dass dadurch eine Absorption mit grösserer Bandbreite des Resonanzfrequenzgangs erreicht werden kann.

20 Die vorliegende Erfindung erlaubt also erstmals effiziente $\lambda/4$ -Absorber industriell, d.h. kostengünstig herzustellen. Darüberhinaus ermöglicht die vorliegende Erfindung auch die Konstruktion von Multifrequenzabsorbern in einfacher Weise, indem zur Bildung eines breiteren Resonanzfrequenzbandes
25 mehrere verschieden dimensionierte $\lambda/4$ -Resonatoren mit erfindungsgemäss erhöhtem Schallenergieverlust im Mündungs- und/oder Bodenbereich kombiniert werden.

Im folgenden soll die Erfindung anhand der Figuren und mit
30 Hilfe von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Dabei zeigen:

Fig. 1: Prinzipschema zur Funktionsweise der $\lambda/4$ -Resonatoren;

35

Fig. 2a: Diagramm zum Absorptionsverhalten des erfindungs-

gemässen $\lambda/4$ -Absorbers;

Fig. 2b: Diagramm zum Absorptionsverhalten des erfindungsgemässen Multifrequenz-Absorbers;

5

Fig. 3a: Ansicht einer ersten Ausführungsform eines Resonators mit geschlitztem Kopfteil für den erfindungsgemässen $\lambda/4$ -Absorber;

10 Fig. 3b: Ansicht einer zweiten Ausführungsform eines Resonators mit gelochtem Kopfteil für den erfindungsgemässen $\lambda/4$ -Absorber;

15 Fig. 3c: Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Resonators mit wärmetauschendem Material im Bodenteil für den erfindungsgemässen $\lambda/4$ -Absorber;

Fig. 3d: Ansicht einer besonderen Ausführungsform eines Resonators bei dem Mündungsbereich und Bodenbereich gegeneinander geneigt sind;

20

Fig. 4: Querschnitt einer praktischen Ausführungsform des erfindungsgemässen $\lambda/4$ -Absorbers.

25 Die prinzipielle Funktionsweise der erfindungsgemässen $\lambda/4$ -Absorber 1 soll anhand der Figur 1 näher erläutert werden. Aus dieser Figur ist ersichtlich, dass die Öffnung des $\lambda/4$ -Resonators 2 in einer schallreflektierenden Fläche A liegt. Im folgenden soll mit Z_0 die charakteristische Impedanz der Luft bezeichnet werden. Die Schallimpedanz im Bodenbereich 3 wird im folgenden mit Z_T bezeichnet und umfasst in diesem vereinfachten Modell alle Schallenergieverluste im Innern des Resonators, (wobei Z_T proportional zum Qualitätsfaktor Q ist). Für eine vorgegebene Länge l und eine vorgegebenen Querschnittsfläche S_2 des $\lambda/4$ -Resonators 2 bildet sich auf der reflektierenden Fläche A eine Wechselwirkungszone S_1

30

35

aus, in welcher die auftreffende Schallwelle mit der im Resonator 2 gebildeten stehenden Welle destruktiv interferiert. Diese Wechselwirkungszone S_1 ist auch als "äquivalente Absorptionsfläche" bekannt. Bei einer 100% Absorption wird im wesentlichen die Schallimpedanz im Bereich der Wechselwirkungszone S_1 der charakteristischen Impedanz Z_0 der Luft entsprechen. Setzt man ausserdem voraus, dass im Falle einer 100% Absorption im Mündungsbereich 4 des $\lambda/4$ -Resonators 2 der Schalldruck und der Teilchenfluss kontinuierlich sind, lässt sich folgende einfache Gleichung aufstellen:

$$S_1/S_2 = Z_T/Z_0.$$

Dies gilt, wie in der genannten WO 96/23294 dargestellt, nicht nur für senkrecht zur Fläche stehende Resonatoren, sondern ebenso gut auch für an oder in dieser Fläche eingebaute Resonatoren. Wenn diese Gleichung nicht erfüllt ist, besteht keine 100% Absorption, d.h. besteht eine Restreflektion, welche entweder von Reflektionen an der reflektierenden Fläche A oder von Reflektionen am Resonatorboden 3 dominiert wird. Wenn man einen Absorber 1 mit hohem Absorptionsvermögen konstruieren will, sind also S_1 , S_2 und Z_T nicht frei wählbar und müssen aufeinander abgestimmt werden. Darüberhinaus bestimmt die gewünschte Bandbreite des Frequenzgangs den Wert von Z_T . Demzufolge ist es wichtig, Z_T und damit die Energieverluste im Resonator in gewünschter Weise einstellen zu können. Dies kann erfindungsgemäss durch das Einsetzen von weichen, d.h. viskoelastischen, geschlossenporigen Schäumen oder andere wärmetauschende Materialien im Bodenbereich der $\lambda/4$ -Resonatoren erzielt werden, wobei alle Materialien gewählt werden können, welche bei hohen Druckschwankungen zu Energiedissipationen führen.

Nimmt man bspw. einen Resonator 2, für welchen das Flächen-

verhältnis $S_1/S_2 = 25$ ist, dann ergibt sich für eine 100% Absorption ein Impedanzverhältnis $Z_T/Z_0 = 25$. Da Z_0 der charakteristischen Impedanz der Luft entspricht, also einen Wert von ca. 400 Ns/m^3 aufweist, beträgt die erforderliche Schallimpedanz Z_T im Bodenbereich ca. $25 * 400 \text{ Ns/m}^3$. Leider sind derartig hohe Impedanzwerte heute nur schwierig zu realisieren.

Die vorliegende Erfindung macht darüberhinaus von der Erkenntnis Gebrauch, dass bei der Resonanzfrequenz für das Impedanzverhältnis Z_T/Z_0 im Bodenbereich 3 und das Impedanzverhältnis $Z_0/Z_{\text{Münd}}$ im Mündungsbereich 4 folgende Beziehung gilt:

$$Z_T/Z_0 = Z_0/Z_{\text{Münd}}$$

Dies führt zu der überraschenden Einsicht, dass anstelle einer Erhöhung der Energieverluste im Bodenbereich 3 des $\lambda/4$ -Resonators 2, ebenso gut die Energieverluste im Mündungsbereich 4 desselben erhöht werden können.

Für obiges Beispiel, bei welchem $S_1/S_2 = 25$ gewählt worden ist, ergibt sich damit ein Impedanzverhältnis $Z_0/Z_{\text{Münd}} = 25$, resp. $Z_{\text{Münd}} = 1/25 * Z_0 = 1/25 * 400 \text{ Ns/m}^3$. Dieser Wert entspricht etwa dem Strömungswiderstand, resp. der Schallimpedanz eines grobmaschigen Gitters (Fliegengitter) und kann damit in einfacher Weise, d.h. industriell realisiert werden.

Grundsätzlich könnte man jedoch an jeder Stelle des Resonators durch den Einbau geeigneter Luftströmungswiderstände die gewünschten Energiedissipationen herbeiführen.

Diese Überlegungen können durch experimentelle Messungen, wie in Figur 2a dargestellt, bestätigt werden. Kurve C in Figur 2a zeigt den Frequenzgang eines 84mm tiefen und 14mm Innendurchmesser aufweisenden $\lambda/4$ -Absorbers mit einem Flä-

chenverhältnis von $S_1/S_2 = 50$, welcher keine Mittel zur Erhöhung des Schallenergieverlustes aufweist. Der Frequenzgang, resp. die Absorptions-Charakteristik dieses Resonators weist eine Bandbreite B_C von lediglich 5.1% auf.

5

Kurve D in Figur 2a stellt den Frequenzgang eines erfindungsgemässen akustisch optimierten $\lambda/4$ -Absorbers dar. Bei diesem Absorber beträgt das Flächenverhältnis $S_1/S_2 = 25$ und weist die Absorptions-Charakteristik eine Bandbreite B_D von ca. 11% auf.

10

Diese Kurven machen deutlich, dass durch die Veränderung des Luftströmungswiderstandes, resp. der Schallimpedanz im Mündungsbereich 4 und/oder im Bodenbereich 3 des Resonators 2 die Frequenzgangbreite B beeinflusst werden kann und gleichzeitig eine fast 100% Absorption realisierbar ist.

15

Figur 2b macht das Absorptionsverhalten des erfindungsgemässen Multifrequenz-Absorbers deutlich. Bei der Verwendung konventioneller $\lambda/4$ -Resonatoren (Schmalbandabsorber) mit unterschiedlicher Resonanzfrequenz zeigt sich ein Absorptionsverhalten, wie dies durch die Kurve V dargestellt ist. Die Kurve V ergibt sich aus der Summe der von den einzelnen Schmalbandabsorbern erzeugten Absorptionscharakteristiken S_1 , S_2 und S_3 . Diese Kurve V macht die Nachteile der mit herkömmlichen Schmalbandabsorbern geschaffenen Multifrequenzabsorbern deutlich. Diese Kurve V folgt dem Frequenzgang der einzelnen Schmalbandabsorber und fällt zwischen den entsprechenden Resonanzfrequenzen f_1 , f_2 und f_3 stark ab, d.h. zeigt in diesem Zwischenbereich eine schlechte Absorption. Demgegenüber ist es mit den erfindungsgemässen $\lambda/4$ -Absorbern möglich, ein breites Absorptionsband W mit konstant hohem Absorptionsvermögen zu schaffen. Aus Figur 2b wird deutlich, dass die erfindungsgemässen $\lambda/4$ -Absorber gegenüber den konventionellen Schmalbandabsorbern eine grössere Bandbreite B aufweisen. Dies

20

25

30

35

führt bei Multifrequenzabsorbern zu wesentlichen Überlappungen der Absorptionscharakteristiken T_1 , T_2 und T_3 der einzelnen $\lambda/4$ -Absorber in den zwischen den einzelnen Resonanzfrequenzen f_1 , f_2 und f_3 liegenden Bereichen. Diese Überlappungen führen dazu, dass die Summe W der durch die erfindungsgemässen Einzelabsorber erzeugten Absorptionen T_1 , T_2 und T_3 auch im Bereich zwischen den Resonanzfrequenzen f_1 , f_2 und f_3 zu einer fast 100% Absorption führt. Dies zeigt die Kurve W deutlich. Damit wird auch deutlich, dass mit den erfindungsgemässen $\lambda/4$ -Absorbern Multifrequenzabsorber mit einer beliebigen Absorptionscharakteristik geschaffen werden können.

Figuren 3a, 3b, 3c und 3d zeigen Ausführungsformen der erfindungsgemässen $\lambda/4$ -Absorber. Aus Figur 3a ist ersichtlich, dass der Resonator 2 einen Kopfteil 5 aufweist, in welchem eine Vielzahl von Perforationen, insbesondere Schlitz 6 eingebracht ist. Anstelle eines solchen Kopfteils 5 oder in Ergänzung eines solchen, kann erfindungsgemäss im Bodenbereich 3 des Resonators 2 ein weiches oder wärmetauschendes Material 7 angebracht sein (Figuren 3a, 3c). In einer weiteren Ausgestaltung des gitterartigen Kopfteils 5 können anstelle von schlitzartigen Perforationen 6 auch Löcher 8 vorgesehen sein (Figur 3b). Die geometrische Gestaltung des Resonators 2, die Wahl des wärmetauschenden Materials 7 und die Form, Dimensionierung und Anzahl der Perforationen 6, 8 liegen im Bereich des gewöhnlichen fachmännischen Handelns. In Figur 3d ist eine besondere Ausführungsform dargestellt, bei welcher der $\lambda/4$ -Resonator als Raumkörper mit zwei trapezförmigen Seitenflächen ausgebildet ist. Dies führt dazu, dass der Mündungsbereich 4 und der Bodenbereich 3, respektive die Öffnungsfläche und die Bodenfläche gegeneinander geneigt sind. Damit kann bspw. in vorgesehener Weise die Fläche des Bodenbereichs 3 vergrössert werden und damit dessen dissipative Wirksamkeit beeinflusst werden. Auf dieselbe Weise

bereiches 4 geneigt werden. Als geeignete energiedissipierende Materialien 7 sind solche Materialien zu betrachten, die relativ zu Luft eine grosse Wärmekapazität und eine möglichst grosse Oberfläche aufweisen, wie bspw. offenporiger Schaum mit kleinen Zellen, watteartige Faserstoffe, körniges Material oder poröses Keramikmaterial. Als weiche Materialien kommen geschlossenporige, viskoelastische Schäume oder andere Materialien in Frage, die bei hohen Druckschwankungen Energie dissipieren.

10

Figur 4 zeigt einen anderen industriell in einfacher Weise realisierbaren Multifrequenzabsorber 9 mit einer Vielzahl unterschiedlich dimensionierter Resonatoren 2. In einer bevorzugten Ausführungsform weist dieser eine aus einem Faservlies oder Schaum gefertigte Trägerschicht 10 auf, in welche röhrenchenförmige Vertiefungen 11 eingeformt sind. Diese röhrenchenförmigen Vertiefungen 11 können mit einer Klebschicht 12 überzogen sein, um einerseits die Poren der Trägerschicht 10 in diesem Bereich zu verschliessen, und andererseits eine Deckfolie 13 an dieser Trägerschicht 10 zu befestigen. Die erfindungsgemässen Löcher 8 oder Schlitz-ze 6 können in dieser Deckfolie 13 eingebracht werden. Für bestimmte Anwendungen ist auch vorgesehen, die geformte Trägerschicht 10, statt mit einer Deckfolie 11 zu versehen, an einer festen Aussenhaut, bspw. einer Motorhaube, anzubringen und die Perforationen 8, 6 im verformten Bereich 14 der Trägerschicht 10 anzubringen.

20

30

Die erfindungsgemässen $\lambda/4$ -Absorber lassen sich in einfacher Weise industriell fertigen. Insbesondere können diese in bekannter Weise extrudiert werden, bspw. als extrudierte Platten mit röhrenchenartigen Vertiefungen, welche mit einer zweiten Platte abgedeckt werden, hergestellt werden. Je nach Anwendungsbereich lassen sich diese erfindungsgemässen Absorber auch mit Hilfe der Tiefzieh- oder Spritzgiesstechnik herstellen. In einer weiteren Ferti-

35

gungsform kann direkt wellkartonartiges Material, in welches die erfindungsgemässen Perforationen eingebracht werden, verwendet werden.

- 5 Es versteht sich, dass für die jeweiligen Anwendungen, die erfindungsgemässen $\lambda/4$ -Resonatoren in geeigneter Weise dimensioniert werden können und/oder unterschiedlich dimensionierte $\lambda/4$ -Resonatoren zur Bildung eines Breitbandabsorbers miteinander kombiniert werden können. Es versteht sich
- 10 auch, dass die erfindungsgemässen Resonatoren, einzeln, in Gruppen mit gleichartigen Resonatoren (Monofrequenzabsorber) oder in Gruppen mit unterschiedlich dimensionierten Resonatoren (Multifrequenzabsorber) hergestellt und eingesetzt werden können. Selbstverständlich können die erfindungsgemässen Absorber auch mit herkömmlichen faserigen
- 15 oder geschäumten Absorbern kombiniert werden und insbesondere so abgestimmt sein, dass diese im Bereich des Absorptionsabfalls gegen tiefe Frequenzen wirksam sind. Ihre bevorzugte Anwendung wird in Land- und Luftfahrzeugen
- 20 ebenso gesehen, wie bei Transformatoren, Generatoren, Getrieben oder anderen Maschinen jeder Art.

- Anwendungen im Fahrzeugbau liegen insbesondere bei Absorptionsbauteilen an Motorhauben, an Stirnwänden und Radkä-
- 25 sten, insbesondere motorseitig, an Dachhimmeln, Türverkleidungen resp. Türhohlkörpern und Kofferraumdeckeln, in Lieferwagen oder Lastwagen, im Ladebereich, am Dach oder an den Wänden. Es versteht sich, dass diese Absorber auch im Hochbau oder Strassenbau eingesetzt werden können, ins-
- 30 besondere an Wänden und Decken von Wohn- oder Arbeitsräumen, in Fabrikhallen, Sporthallen, Tunnels oder an Schallschirmen entlang von Strassen oder Bahntrassées.

Patentansprüche

1. $\lambda/4$ -Absorber zur Absorption von Schall, wie er von Maschinen, insbesondere von Fahrzeugen, erzeugt wird, mit mindestens einem röhrenchenförmigen $\lambda/4$ -Resonator (2), dessen Mündung (4) an eine schallreflektierende Fläche (A) angrenzt, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung der Bandbreite (B) des Resonanzfrequenzgangs (C, D) des $\lambda/4$ -Resonators (2), dieser mit Mitteln (6, 8, 7) zur Änderung des Schallenergieverlustes im Resonator (2) versehen ist.
2. $\lambda/4$ -Absorber nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (6, 8) zur Änderung des Energieverlustes im Mündungsbereich (4) des $\lambda/4$ -Resonators (2) vorgesehen sind.
3. $\lambda/4$ -Absorber nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (6) zur Änderung des Energieverlustes im Mündungsbereich (4) ein Kopfteil (5) mit einer Mehrzahl schlitzförmiger Perforationen (6) umfassen.
4. $\lambda/4$ -Absorber nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (8) zur Änderung des Energieverlustes im Mündungsbereich (4) ein Kopfteil (5) mit einer Mehrzahl lochförmiger Perforationen (8) umfassen.
5. $\lambda/4$ -Absorber nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (6, 8) zur Änderung des Energieverlustes im Mündungsbereich (4) ein gitterartiges Kopfteil (5) umfassen.
6. $\lambda/4$ -Absorber nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Kopfteil (5) integrierender Bestandteil des $\lambda/4$ -Absorbers (2) ist.

7. $\lambda/4$ -Absorber nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (7) zur Änderung des Energieverlustes im Bodenbereich (3) des $\lambda/4$ -Resonators (2) vorgesehen sind.
- 5
8. $\lambda/4$ -Absorber nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (7) zur Änderung des Energieverlustes im Bodenbereich (3) ein im Bodenteil des Resonators (2) vorgesehenes weiches und/oder wärmetauschendes
- 10
- Material umfassen.
9. $\lambda/4$ -Absorber nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Mündungsbereich (4) und der Bodenbereich (3) gegeneinander geneigt sind.
- 15
10. Verwendung eines $\lambda/4$ -Absorbers nach einem der Ansprüche 1 bis 9 als Multifrequenz-Absorber.
11. Verwendung eines $\lambda/4$ -Absorbers nach einem der Ansprüche 1 bis 9 als Monofrequenz-Absorber.
- 20

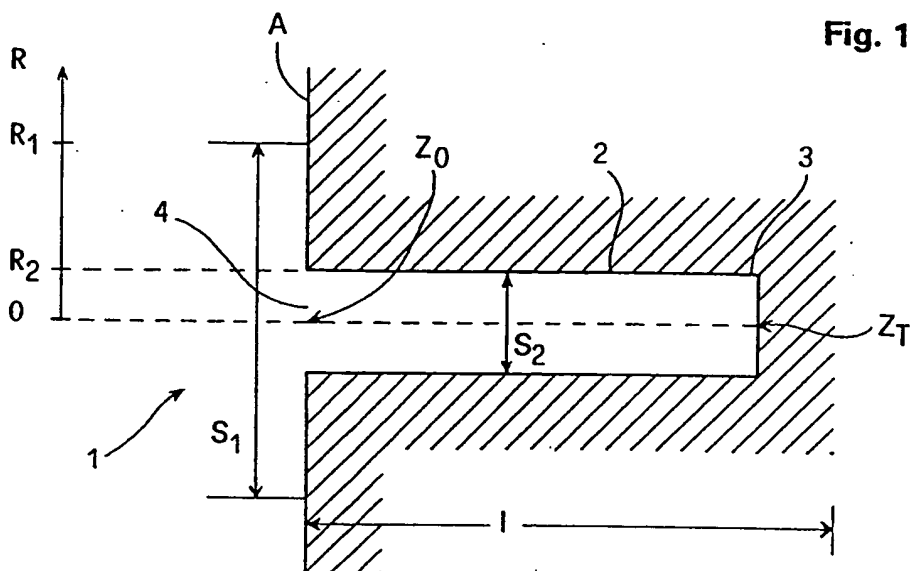
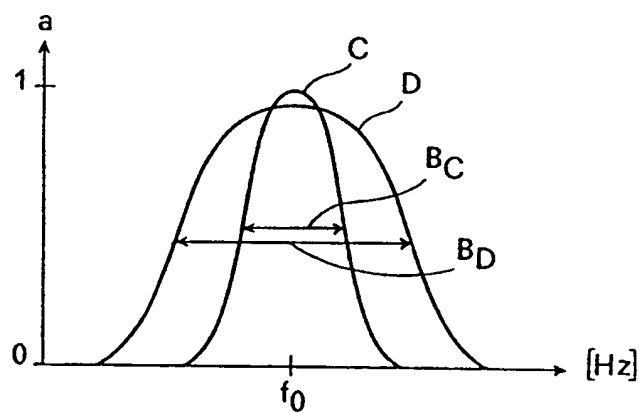
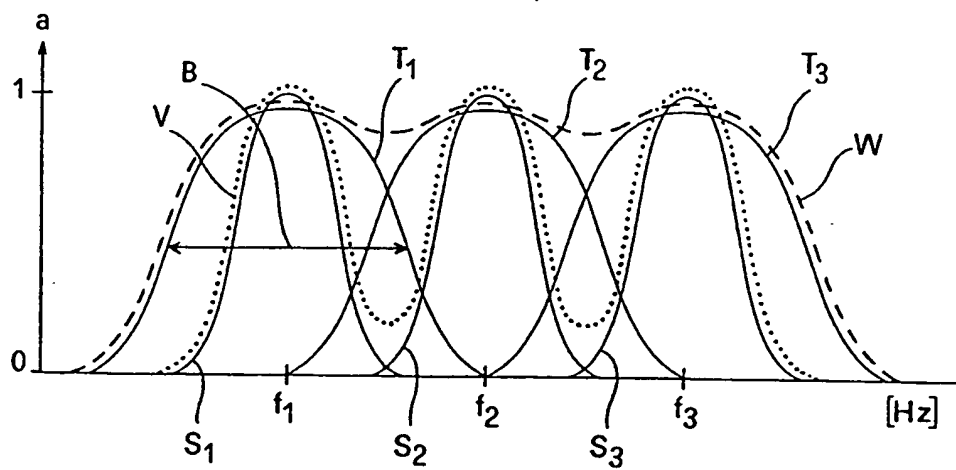
**Fig. 2a****Fig. 2b**

Fig. 3a

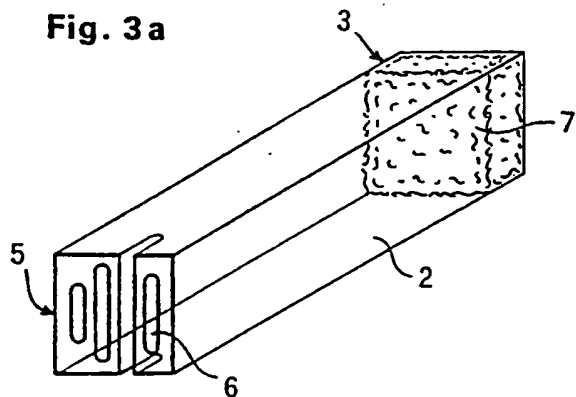


Fig. 3b

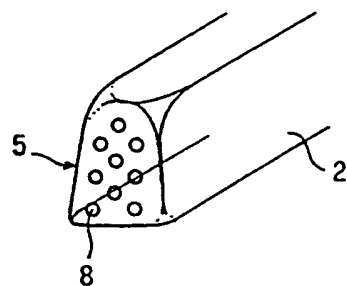


Fig. 3c

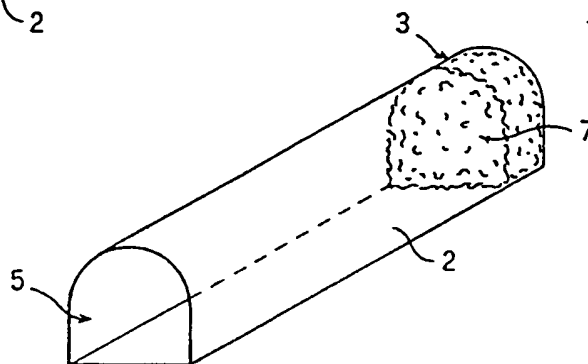


Fig. 3d

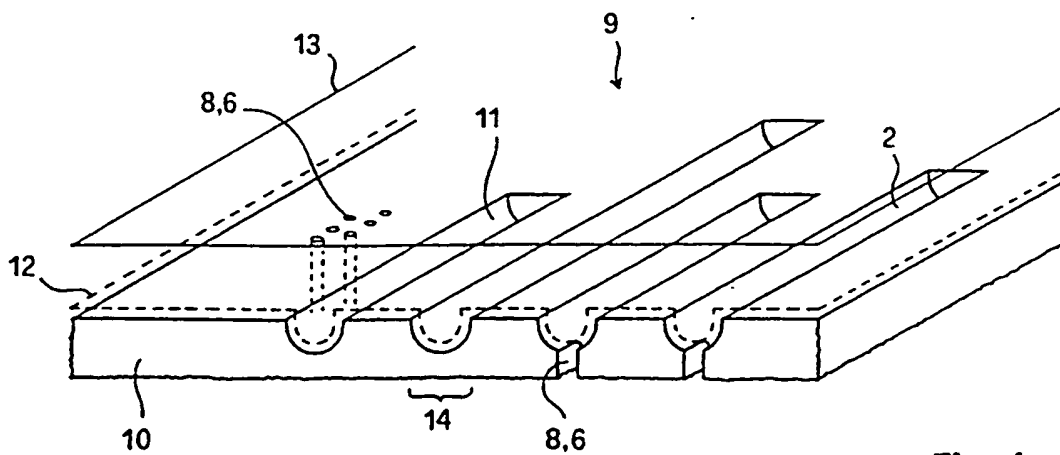
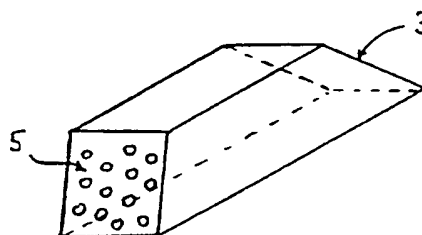


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 98/00041

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G10K11/172

According to International Patent Classification(IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G10K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 96 23294 A (RIETER AUTOMOTIVE INTERNATIONAL ;LIGTEN ROBERT H VAN (CH)) 1 August 1996 see abstract see claims 1,3,4 see figures 1,3	1,2,4,5, 7,9,10
A	DE 94 08 118 U (FAIST M GMBH & CO KG) 14 September 1995 see page 1, paragraph 1 - page 3, paragraph 1	1
Y	DE 31 33 844 A (PREFABRICATE DIN BETON GRANITU) 17 March 1983 see abstract see claims 1,2 see figures 3,6,9	1
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 May 1998

Date of mailing of the international search report

08/06/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

de Heering, Ph.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 98/00041

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 441 578 A (ROSE PHILIP M) 10 Apr 11 1984 see abstract see figures 1,2 see column 1, line 50 - line 62 see column 2, line 45 - line 57	1,4
Y	EP 0 367 135 A (FUJI HEAVY IND LTD) 9 May 1990 see abstract see page 2, column 29, paragraph 35 see claims 1-4	1,2,5
Y	EP 0 292 877 A (ALSTHOM ;VIBRACHOC SA (FR)) 30 November 1988 see abstract see figure 1	1,7
Y	GB 2 038 410 A (ROLLS ROYCE) 23 July 1980 see abstract; figure 1	9,10
A	KINSLER ET AL.: "Fundamentals of acoustics" 1962, WILEY AND SONS, NEW YORK, NY, USA XP002065613 see page 194, paragraph 4 - page 195, paragraph 1	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 98/00041

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO 9623294	A	01-08-1996	EP 0806030	A	12-11-1997
DE 9408118	U	14-09-1995	DE 59501088	D	22-01-1998
			EP 0683480	A	22-11-1995
			ES 2111347	T	01-03-1998
DE 3133844	A	17-03-1983	NONE		
US 4441578	A	10-04-1984	NONE		
EP 0367135	A	09-05-1990	JP 2122923	A	10-05-1990
EP 0292877	A	30-11-1988	FR 2615994	A	02-12-1988
			CA 1288055	A	27-08-1991
			DE 3867908	A	05-03-1992
			US 4817757	A	04-04-1989
GB 2038410	A	23-07-1980	DE 2950930	A	03-07-1980
			FR 2445436	A	25-07-1980
			JP 55090791	A	09-07-1980
			US 4298090	A	03-11-1981

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. nationales Aktenzeichen

PCT/CH 98/00041

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G10K11/172

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 G10K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 96 23294 A (RIETER AUTOMOTIVE INTERNATIONALA ; LIGTEN ROBERT H VAN (CH)) 1. August 1996 siehe Zusammenfassung siehe Ansprüche 1,3,4 siehe Abbildungen 1,3	1,2,4,5, 7,9,10
A	DE 94 08 118 U (FAIST M GMBH & CO KG) 14. September 1995 siehe Seite 1, Absatz 1 - Seite 3, Absatz 1	1
Y	DE 31 33 844 A (PREFABRICATE DIN BETON GRANITU) 17. März 1983 siehe Zusammenfassung siehe Ansprüche 1,2 siehe Abbildungen 3,6,9	1

-/--



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Mai 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

08/06/1998

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

de Heering, Ph.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte.ionales Aktenzeichen

PCT/CH 98/00041

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 4 441 578 A (ROSE PHILIP M) 10.April 1984 siehe Zusammenfassung siehe Abbildungen 1,2 siehe Spalte 1, Zeile 50 - Zeile 62 siehe Spalte 2, Zeile 45 - Zeile 57 ---	1,4
Y	EP 0 367 135 A (FUJI HEAVY IND LTD) 9.Mai 1990 siehe Zusammenfassung siehe Seite 2, Spalte 29, Absatz 35 siehe Ansprüche 1-4 ---	1,2,5
Y	EP 0 292 877 A (ALSTHOM ;VIBRACHOC SA (FR)) 30.November 1988 siehe Zusammenfassung siehe Abbildung 1 ---	1,7
Y	GB 2 038 410 A (ROLLS ROYCE) 23.Juli 1980 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1 ---	9,10
A	KINSLER ET AL.: "Fundamentals of acoustics" 1962 , WILEY AND SONS , NEW YORK, NY, USA XP002065613 siehe Seite 194, Absatz 4 - Seite 195, Absatz 1 -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 98/00041

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9623294 A	01-08-1996	EP 0806030 A	12-11-1997
DE 9408118 U	14-09-1995	DE 59501088 D	22-01-1998
		EP 0683480 A	22-11-1995
		ES 2111347 T	01-03-1998
DE 3133844 A	17-03-1983	KEINE	
US 4441578 A	10-04-1984	KEINE	
EP 0367135 A	09-05-1990	JP 2122923 A	10-05-1990
EP 0292877 A	30-11-1988	FR 2615994 A	02-12-1988
		CA 1288055 A	27-08-1991
		DE 3867908 A	05-03-1992
		US 4817757 A	04-04-1989
GB 2038410 A	23-07-1980	DE 2950930 A	03-07-1980
		FR 2445436 A	25-07-1980
		JP 55090791 A	09-07-1980
		US 4298090 A	03-11-1981